

“冲破穹顶，重见蓝天”

天然气是继煤与石油之后，我们最可能倚赖的清洁能源！

# 天然气革命

页岩气掀起新能源之战

[美] 罗伯特 W. 科尔布 (Robert W. Kolb) 著 杨帆 译

THE  
NATURAL  
GAS  
REVOLUTION

At the Pivot of the World's Energy Future



机械工业出版社  
China Machine Press



**THE  
NATURAL  
GAS  
REVOLUTION**

At the Pivot of the World's Energy Future

# 天然气革命

## 页岩气掀起新能源之战

[美] 罗伯特 W. 科尔布 (Robert W. Kolb) 著 杨帆 译



机械工业出版社  
China Machine Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

天然气革命: 页岩气掀起新能源之战 / (美) 科尔布 (Kolb, R. W.) 著; 杨帆译. —北京: 机械工业出版社, 2015.2

书名原文: The Natural Gas Revolution: At the Pivot of the World's Energy Future

ISBN 978-7-111-49445-4

I. 天… II. ①科… ②杨… III. 新能源—研究—世界 IV. F407.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 041591 号

本书版权登记号: 图字: 01-2014-1077

Robert W. Kolb. The Natural Gas Revolution: At the Pivot of the World's Energy Future.

ISBN 978-0-13-335351-8

Copyright © 2014 by Robert W. Kolb.

Simplified Chinese Edition Copyright © 2015 by China Machine Press.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc. This edition is authorized for sale and distribution in the People's Republic of China exclusively (except Taiwan, Hong Kong SAR and Macau SAR).

All rights reserved.

本书中文简体字版由 Pearson Education Asia LTD. (培生教育出版集团) 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内 (不包括中国台湾地区和香港、澳门特别行政区) 独家出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

本书封底贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

## 天然气革命: 页岩气掀起新能源之战

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 赵艳君

责任校对: 董纪丽

印刷: 北京瑞德印刷有限公司

版次: 2015 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 170mm × 242mm 1/16

印张: 14.5

书号: ISBN 978-7-111-49445-4

定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 68995261 88361066

投稿热线: (010) 88379007

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjg@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

HZBOOKS | 华章经管 | Economics Finance Business & Management



## 赞 誉

罗伯特·科尔布的著作综合性地展示了正在改变的能源地图，非常优秀。  
专业人士和非专业人士都能从本书的深度分析中受益匪浅。

——戈达特·巴格特 (Gawdat Bahgat)

国防教授，国防大学近东和南亚战略研究中心

……非常详尽地阐述了天然气版图由非传统发展而产生的相关转变。

——马修·赫尔伯特 (Matthew Hulbert)

首席政策咨询师，沙特阿美石油公司 (Saudi Aramco)

阅读完此书，我认为它无可指摘，也无须补充任何东西。一本优秀的著作，深入浅出。我很喜欢书中讲述页岩气和中国的部分。

——兰迪·布朗 (Randy Brown)

管理合伙人，崔蒙特房产企业 (能源集团)

本书提供的深度信息和历史数据让人印象深刻。能源系统的从业人员应该阅读本书，尤其是能源公司新进的员工，这有助于他们看懂世界能源的“全景画面”。

——保罗·贝弗劳尔 (Paul Belflower)

野马燃油公司 / 野马市场营销副总裁，主管市场营销及供应

在这样一部观点鲜明、结构紧凑的书里，科尔布阐明了全球范围的能源转型正在快速地改变世界。我们美美地享用书中清晰绘制的地图和图表，就像吃着甜点一样。如果你想弄明白世界会怎样改变，一定要读此书。

——史蒂夫·莱文 (Steve Levine)

著有《石油与光荣》

对从事天然气产业或者对天然气产业感兴趣的人士，这本书是必读物。科尔布话语雄辩，颇有见地。他引领读者从过去走到现在的天然气革命时期。阅读本书会带给你愉悦！

——贝蒂 J. 森金斯 (Betty J. Simkins)

金融学教授以及经济学威廉公司教授

俄克拉何马州立大学斯皮尔斯经济学院

## 前 言

我们生活在一个能源革命的时代之中，它已经改变了美国能源的未来，而且世界的其他地方也正在随之改变。能源对于所有现代经济国家非常关键，世界上许多最重要的国家相对实力排名因为能源的发展而重新排序。本书叙述了这场革命的开端、现状及其改变世界的可能。

仅仅 10 年前，美国面临着永久大量进口石油和天然气的状况。随后的几年间，美国遭遇了严重的金融危机，经济持续深度衰退，现在的经济又挣扎着增长，差强人意。如此的经济困境面临着中国的崛起，许多国家认为美国将不可避免地失去其传统的优势地位，甚至或许退出第一集团。进一步说，气候改变带来的环境问题引起了全世界的持续关注。跟其他的领先国家相比，美国在解决碳排放方面贡献甚微。对于一个经济长期以来依赖碳氢能源的国家，减少碳排放将会极其困难，这已经是一个共识。

大部分或许所有对于美国未来悲观的预期已经不再存在。由于获取能源技术的显著进步以及持续发现新的油气资源，美国几乎可以确定未来将很快变成一个可靠的能源净出口国。得益于石油地质学的方法改善，每个月世界上都会有重大的新发现，这些发现甚至出现在过去长期被认为不会有石油的地方，比如地中海以东、坦桑尼亚以及莫桑比克的海岸。

在美国，地质学家很早就知道，大量的石油和天然气被掩藏在页岩和其他基岩的深层，现有技术难以开采。但是水力压裂和水平钻探这两种技术革新解锁了上述的资源开采，触发了美国的能源复兴。同时，世界扩展了运输液化天然气的

能力，开放了长久被关闭的经济可能，解放了那些受限于本地资源的国家。

40 年以来，世界的大型经济体，其中包括美国、西欧和日本，真实地陷入能源需求的图囿，这种危险的境况使政策制定者以及大部分公众产生了深深的忧虑。这种西方国家的依赖因为俄罗斯和中东的出口国的国家性质而变得更糟，这些国家是世界能源的看护者。跟随美国的脚步，其他国家也开始从页岩中提取油气资源，这些资源似乎大量而且广泛地分布于全球。即便那些确实没有油气资源的国家，比如日本，现在至少可以期待不同的供应渠道，其中包括它的许多盟友。

第 1 章讲述了 21 世纪之交的美国能源境况，情况并不乐观。美国的石油产量在 1970 年达到峰值，随后的 40 年持续下滑，直到 2008 年。美国还面临着严重的天然气和未来天然气进口的赤字。长久以来，美国无法开发出替代能源，无力应对全球气候变化的问题，同时又面临着碳氢资源对环境造成的恶化，这些问题合力制造了一个严肃的能源境况。所有人几乎不知道的是，美国即将迎来能源产量的突发性大增长。2008 年，石油产量第一次出现显著增长，地球好似换了新颜。

美国当前的公共话语中，鲜有几个话题能激发公众热情，但是能源产量新增长浪潮后面的技术这类话题除外。第 2 章用非专业技术术语解释了这项技术。反对水力压裂技术的人害怕在提取过程中会污染含水层，危及人们的生活。这项技术需要使用泵通过高压将水、沙和化学物质灌注到井中，压裂锁住油气的页岩着床，以此释放出的油气流入井中，再被输送至地表，方便提取。虽然水力压裂技术已经被使用了几十年，但水平钻探的引入让这项技术获得新的威力。包含油气的基岩位于水平岩床。要抵达基岩，首先得钻探一定深度的垂直竖井，然后将钻头调整到 90 度运行，横穿过页岩层。不管从哪个角度看，在地表以下 1 英里<sup>①</sup>或者更深的距离进行水平钻探都是这项技术的独门绝技。

① 1 英里 = 1 609.344 米。——译者注

仅仅获得能源而没有相应的运输手段只是成功了一半。第3章阐释了世界范围的运输网络长期以来缓慢发展直至成熟，它能够通过冷却天然气至液态，将其泵压进船舱，运输到目的地，重新气化，最终将天然气输送至消费群体。从这个方面来说，天然气革命非常重要，出产国能将新开采出的资源变成现金，而进口国能以更优惠的价格确保其所需的能源供应并且可以选择不同的供应渠道。

第4章对天然气革命非常现实的环境挑战进行考量。如前所述，这些挑战包括水资源污染的危险。但是，仍有其他方面的问题，比如水的消耗，对在提取过程中混杂了化学物质和其他污染物质的水的处理，对钻井地附近的环境干扰，以及对富含此类新兴可开采资源的社群带来的改变。即使我们能成功地应对这些挑战，我们仍将面临向碳中和、可再生能源资源的转型问题，而这种转型能一劳永逸地解决我们对碳氢资源的依赖。不过，这里还有另外一方面的环境平衡表。在等待一个使用完全可再生能源的完美世界来临的过程中，用天然气替代煤和石油能给环境带来显著的益处。燃烧天然气发电比燃烧煤更加清洁。美国远离煤而转向天然气发电，与此同时，欧洲区的大型经济体却越来越依赖煤，它们关停天然气发电站，加速建造燃煤发电站。

第5章开章详细描述了世界能源革命在全球范围的影响。美国和中国是世界上两个超级大型的经济体，两个国家都从天然气革命中获益匪浅。美国已经开始获得现金收入，而中国坐拥世界上最大页岩天然气储藏量。一旦中国集合必要的专家，建造所需要的基础设施，这些储藏将被开发利用。第6章转而关注其他8个国家，它们与美国和中国共同构成世界的十大经济国。它们是日本、德国、法国、意大利、英国、巴西、印度以及俄罗斯。我们知道，这些国家也因天然气革命获益。

除去这10个大型经济体，天然气革命也事关许多其他国家的重大利益，第7章探讨了这些国家将发挥的作用。伊朗、卡塔尔以及土库曼斯坦占世界天

然气总储藏量的第二位（俄罗斯排名第一），它们将面临不同的挑战和机遇。但是其他国家也深受影响，包括阿根廷、澳大利亚、土耳其、坦桑尼亚、马来西亚和莫桑比克。世界能源革命的发展使得许多以前能源产量一般的小国转变成能源焦点国。

第 8 章是本书的结束章节，它关注未来其他两种能源革命：第一种是平行于页岩气的页岩油开发；第二种是全新未开发的资源，它是世界最大的碳氢化合物资源（从前无法开采的神秘“可燃冰”）或者叫甲烷水合物。

## 备注：能源值及能源换算

能源以不同的度量衡和形态表达，这是由于我们长期既使用公制又使用英制单位。同样，碳氢能源有不同的形态——固体、液体和气体，不同的形态对应不同的度量单位。但不管是什么形态，这些能源都能够被简化为一种通用的度量衡——能量含量。下面的简要备注能帮助你理解和比较基本的度量衡。

首先，我们说说英制热量单位（Btu）。1 Btu 等同于将一磅水加热 1 华氏度所需的能量。为了让 Btu 更浅显易懂，我们可以给出如下近似的能量含量对应值：

1 食物卡路里  $\approx$  4 Btu

因此每日正常摄入 2 000 食物卡路里相当于 8 000 Btu。

1 加仑汽油  $\approx$  139 000 Btu

1 桶原油  $\approx$  42 加仑汽油  $\approx$  5 800 000 Btu

1 000 立方英尺天然气  $\approx$  1 023 000 Btu  $\approx$  8.05 加仑汽油

天然气数量既用公制也用英制度量衡表达。典型的公制度量衡单位是立方米。

1 立方米  $\approx$  35 立方英尺

在美国，平均一户居民每年使用 75 000 立方英尺，或者大概 2 100 立方

米的天然气。

75 000 立方英尺  $\approx$  76 725 000 Btu  $\approx$  13 桶原油  $\approx$  618 加仑汽油

原油数量通常以公制吨表达：

1 吨  $\approx$  1 000 公斤  $\approx$  2 205 美制磅

1 吨原油  $\approx$  7.33 桶  $\approx$  4 000 000 Btu

衡量大量能源的标准术语是百万吨石油当量 (millions of tonnes of energy equivalent, MTOE)，意思是相当于 100 万吨原油。

大量天然气通常用十亿立方米 (bcm) 度量，这个数量的天然气足够美国 468 000 户居民使用一年。

液化天然气叫作 LNG，它是天然气的液化状态。液化天然气比其原始的气态体积缩小了 600 倍，因此液化天然气具有大得多的能量强度：

1 吨 LNG  $\approx$  1.22 吨原油

1 吨 LNG  $\approx$  1 360 立方米天然气  $\approx$  4 8000 立方英尺天然气

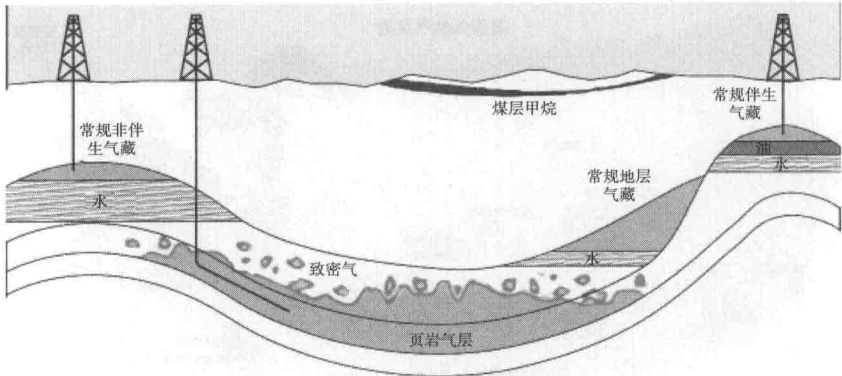


图1 油气储藏结构

资料来源：Adapted from Christopher J. Schenk and Richard M. Pollastro, "Natural Gas Production in the United States: National Assessment of Oil and Gas Fact Sheet," U.S. Geological Survey, January 2002, Figure 1. Artwork prepared by Ira G. Liss.

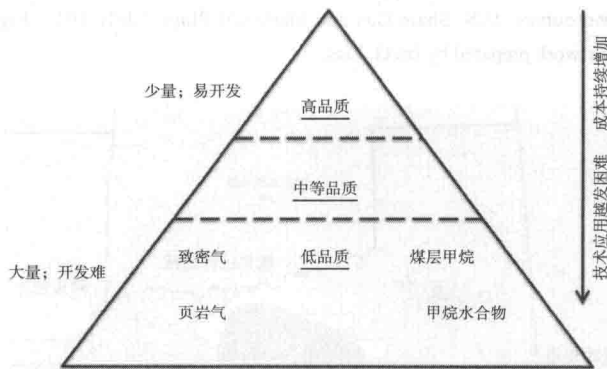


图2 天然气资源三角

资料来源：Slightly adapted from Stephen A. Holditch, "Tight Gas Sands," *Journal of Petroleum Technology*, June 2006, 84–90. Figure 1, p. 84.



图 3 美国非传统天然气区块以及石油区块

资料来源：Adapted from U.S. Energy Information Administration, “Review of Emerging Resources: U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays,” July 2011, Figure 1, p. 6. Artwork prepared by Ira G. Liss.

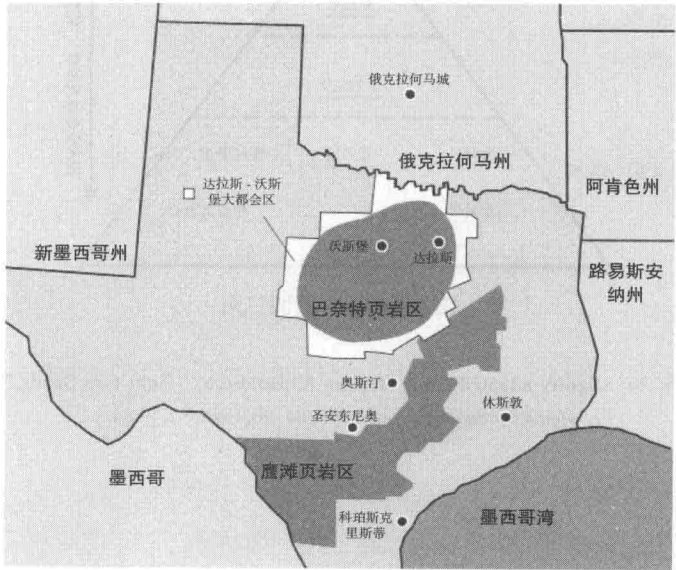


图 4 巴奈特页岩区和鹰滩页岩区

资料来源：Artwork prepared by Ira G. Liss.

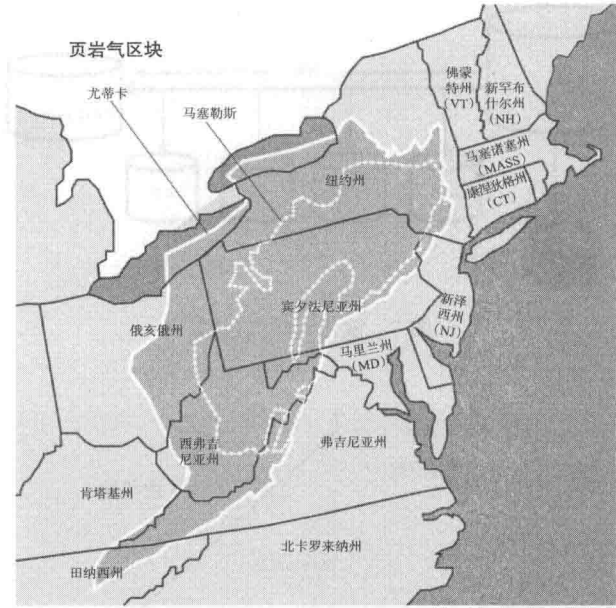


图 5 马塞勒斯页岩区和尤蒂卡页岩区

资料来源: Artwork prepared by Ira G. Liss.

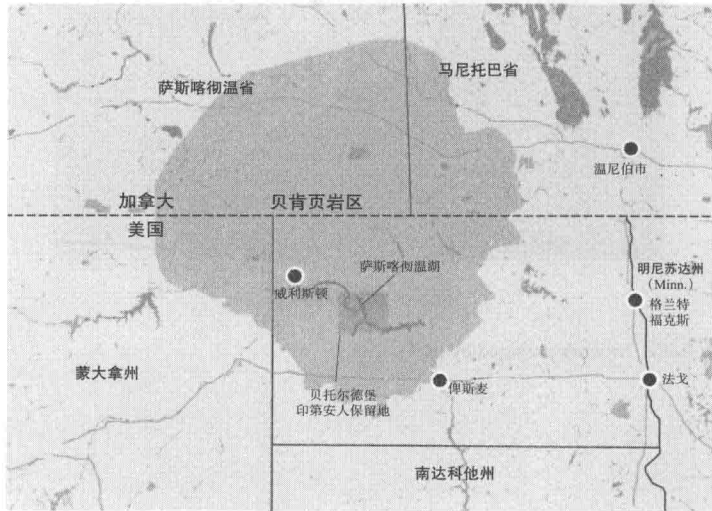


图 6 贝肯页岩区

资料来源: Artwork prepared by Ira G. Liss.

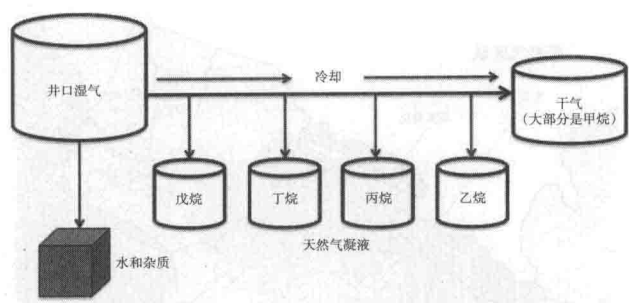


图 7 液化天然气过程

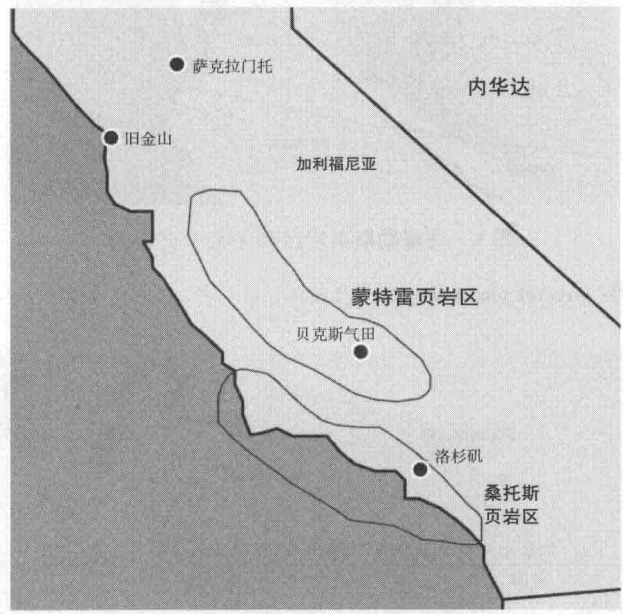


图 8 蒙特雷页岩

资料来源：Artwork prepared by Ira G. Liss.

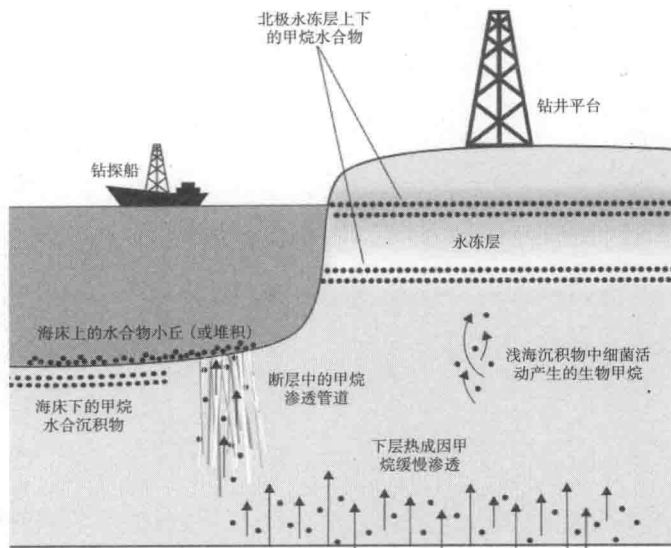


图9 典型甲烷水合物沉积

资料来源: Adapted from National Energy Technology Laboratory, "Energy Resource Potential of Methane Hydrate," U.S. Department of Energy, February 2011, p. 10. Artwork prepared by Ira G. Liss.

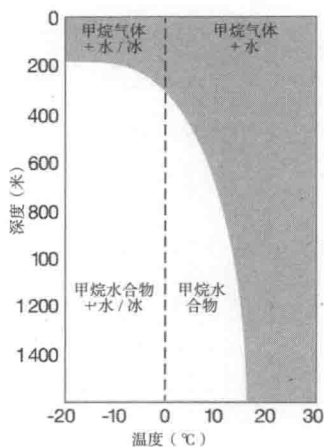
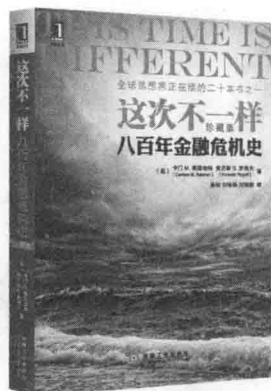


图10 甲烷水合物界面压力温度

资料来源: Adapted from National Energy Technology Laboratory, "Energy Resource Potential of Methane Hydrate," U.S. Department of Energy, February 2011, p. 8. Artwork prepared by Ira G. Liss.

## 推荐阅读



### 时寒冰说：欧债真相警示中国

作者：时寒冰 ISBN：978-7-111-39473-0 定价：39.90元

### 中国怎么办——当次贷危机改变世界

作者：时寒冰 ISBN：978-7-111-25831-5 定价：38.00元

### 这次不一样：八百年金融危机史（珍藏版）

作者：（美）卡门 M. 莱因哈特 ISBN：978-7-111-39155-5 定价：59.90元

### 看多中国：资本市场历史与金融开放战略

作者：聂庆平 蔡笑 ISBN：978-7-111-36730-7 定价：48.00元

### 我们向印度学什么：印度超一流企业的崛起与启示

作者：潘松 ISBN：978-7-111-30877-5 定价：35.00元

### 互利：经济的逻辑

作者：陶永谊 ISBN：978-7-111-34540-4 定价：42.00元

### 理性乐观派：一部人类经济进步史

作者：（英）马特·里德利 ISBN：978-7-111-36074-2 定价：45.00元

### 繁荣的背后：解读现代世界的经济大增长

作者：（美）威廉·伯恩斯坦 ISBN：978-7-111-34537-4 定价：48.00元

### 看懂中国贫富差距

作者：徐滇庆 李昕 ISBN：978-7-111-35498-7 定价：39.90元

### 自由市场的坠落

作者：（美）约瑟夫·斯蒂格利茨 ISBN：978-7-111-32917-6 定价：48.00元

### 克鲁格曼的预言：美国经济迷失的背后

作者：（美）保罗·克鲁格曼 ISBN：978-7-111-25513-0 定价：45.00元